

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

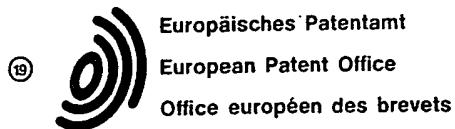
Defects in the images may include (but are not limited to):

- **BLACK BORDERS**
- **TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- **FADED TEXT**
- **ILLEGIBLE TEXT**
- **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- **COLORED PHOTOS**
- **BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS**
- **GRAY SCALE DOCUMENTS**

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

F 102.10 RR 105 (2)



(11) Numéro de publication:

0 267 822  
A1

(12)

## DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt: 87402266.8

(51) Int. Cl.<sup>4</sup>: H 01 F 27/28  
H 01 F 17/00

(22) Date de dépôt: 09.10.87

(30) Priorité: 15.10.86 FR 8614336

(71) Demandeur: ELECTRONIQUE SERGE DASSAULT  
55, quai Marcel Dassault  
F-92214 Saint-Cloud (FR)

(43) Date de publication de la demande:  
18.05.88 Bulletin 88/20

(72) Inventeur: Domenget, Jean-Pierre  
62, rue du Colonel Rochebrune  
F-92380 Garches (FR)

(64) Etats contractants désignés:  
BE DE ES GB IT NL

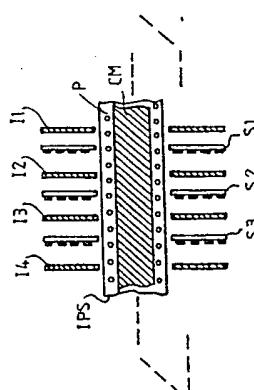
Lorec, Gérard  
15, avenue du Lycée Lakanal  
F-92340 Bourg La Reine (FR)

(74) Mandataire: Placais, Jean-Yves et al  
Cabinet Netter 40, rue Vignon  
F-75009 Paris (FR)

(54) Transformateur haute fréquence avec enroulement en circuit imprimé, en particulier pour alimentation à très haute tension.

(57) Un transformateur haute fréquence est réalisé sur un circuit magnétique (CM) qui peut être de forme générale carrée. Les enroulements secondaires (S1, S2, S3) sont réalisés sur des plaques de circuit imprimé, séparés par des isolants (I1 à I4) et traversés perpendiculairement par le ou les noyaux (CM) du circuit magnétique. L'enroulement primaire (P) peut être bobiné directement sur un tel noyau. Le transformateur s'applique notamment aux alimentations haute fréquence très haute tension, en particulier du type dit à "extra-rupture".

FIG. 4



EP 0 267 822 A1

**Description****Transformateur haute fréquence avec enroulement en circuit imprimé, en particulier pour alimentation à très haute tension.**

L'invention concerne les transformateurs, et plus particulièrement ceux qui doivent fonctionner à fréquence élevée.

La réalisation d'une alimentation à très haute tension fonctionnant à fréquence élevée et de volume réduit conduit à un transformateur présentant les spécifications essentielles suivantes :

- une pluralité d'enroulements secondaires avec un redressement pour chaque secondaire, et une mise en série des tensions unitaires ainsi obtenues pour constituer la haute tension;
- un rapport de transformation entre le primaire et chaque secondaire qui soit proche de 1, car dans un transformateur de rapport 1, les tensions alternatives induites sont faibles, et les éléments inductifs parasites sont minimaux.

Les différentes solutions connues possèdent des inconvénients que l'on développera plus loin. L'invention a pour but essentiel de fournir un nouveau type de transformateur permettant d'obtenir d'excellentes performances électriques, un encombrement aussi faible que possible, et qui soit en même temps d'une réalisation industrielle simple.

Dans l'article intitulé "1 MHz Resonant Converter Power Transformer is Small, Efficient, Economical", Alex Estrov, Multisource Technology Corporation, PCIM, Power Conversion Intelligent Motion, Intertech Communication, Ventura, Californie, Août 1986, il est proposé un transformateur haute fréquence qui comprend un circuit magnétique, au moins un enroulement primaire et des enroulements secondaires, certains au moins de ces enroulements étant constitués de conducteurs plats plaqués sur un substrat isolant.

Le transformateur décrit dans ce document, s'il fonctionne en haute fréquence, est d'une structure très particulière qui ne permet pas d'obtenir une haute tension d'une manière simple.

La présente invention concerne un transformateur de haute fréquence possédant en commun avec le transformateur antérieur les éléments énoncés plus haut.

Le transformateur selon l'invention est remarquable en ce que son circuit magnétique est de forme générale rectangulaire, et en ce que les enroulements secondaires sont gravés sur des substrats isolants plans (circuits imprimés, ou encore circuits hybrides), traversés perpendiculairement par le ou les noyaux de circuit magnétique. Avantageusement, les plaques de circuit imprimé, ou du moins certaines d'entre elles, sont séparées par des plaques isolantes.

Dans un mode de réalisation avantageux, chaque plaque comprend deux enroulements, respectivement concentriques de la zone de passage des noyaux parallèles du circuit magnétique, cette zone étant le plus souvent un cercle.

Selon un autre aspect de l'invention, chaque enroulement comprend plusieurs spires, le retour électrique étant assuré sur l'autre face du circuit

imprimé.

Selon encore un autre aspect de l'invention, les enroulements secondaires sont réunis en un bloc de résine, moulé sur des barres, dont la section correspond à l'encombrement des noyaux parallèles du circuit magnétique, équipé du ou des enroulements primaires.

Selon une variante de l'invention, les enroulements primaires sont eux aussi réalisés sous la forme de plaques de circuit imprimé, traversées perpendiculairement par le ou les noyaux du circuit magnétique. Il est intéressant que les enroulements primaires alternent avec les enroulements secondaires.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'examen de la description détaillée ci-après, et des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 rappelle le schéma électrique d'un type connu d'alimentation haute fréquence à très haute tension;

- la figure 2 est un dessin en coupe schématique d'un premier transformateur connu, pouvant servir dans l'alimentation de la figure 1;

- la figure 3 est un dessin schématique en coupe d'un autre transformateur connu pouvant servir dans l'alimentation de la figure 1;

- la figure 4 est un premier mode de réalisation, actuellement préféré, de transformateur selon l'invention, également illustré en coupe schématique;

- la figure 5 est une variante de réalisation d'un transformateur selon l'invention;

- la figure 6 est le schéma d'une plaque de circuit imprimé utilisable dans un transformateur particulier selon l'invention;

- la figure 7 est une vue en perspective illustrant le bloc des enroulements secondaires du transformateur particulier selon l'invention ; et

- la figure 8 illustre le circuit magnétique et les enroulements primaires destinés à coopérer avec le bloc d'enroulements secondaires de la figure 7.

Les dessins annexés montrent en différents endroits des éléments de caractère certain et/ou géométriques. En conséquence, ils pourront non seulement servir à mieux faire comprendre la description ci-après, mais aussi contribuer à la définition de l'invention, autant que nécessaire.

L'alimentation haute fréquence, haute tension de la figure 1 comporte une source de tension continue SV reliée par l'intermédiaire d'un commutateur de puissance PS à deux enroulements primaires P1 et P2 montés en parallèle et couplés magnétiquement à un circuit magnétique CM.

Sur le circuit magnétique CM sont montées des paires d'enroulements secondaires tels que S11, S12, ..., S21, S22. Ces enroulements secondaires

sont individuellement couplés à des redresseurs R11, R12, ..., R21, R22. Les sorties des redresseurs, montés en série, fournissent une haute tension.

Le redressement est simple alternance, pour une alimentation à extra-rupture.

L'homme de l'art comprendra qu'un grand nombre de tels enroulements secondaires est nécessaire pour obtenir la haute tension.

Dans un transformateur connu tel que schématisé sur la figure 2, le bobinage est réalisé en sandwich sur le circuit magnétique CM (représenté en partie seulement). En effet, on trouve à partir de ce circuit magnétique un enroulement primaire, un isolant, un enroulement secondaire, un isolant, un autre enroulement primaire, un isolant, un autre enroulement secondaire, un autre isolant, et ainsi de suite. Les enroulements primaires sont en parallèle et leurs enroulements secondaires sont montés en série, après redressement.

Cette technique assure un bon couplage entre les enroulements primaires et les enroulements secondaires. Cependant, dans le cas d'un transformateur destiné à une alimentation à extra-rupture (en anglais "flyback"), comme illustré sur la figure 1, les secondaires ne sont pas tous à égale distance du noyau magnétique et ne récupèrent donc pas la même énergie. Il en résulte un déséquilibre dans les tensions obtenues des différents secondaires qui rend le montage difficilement utilisable pour une alimentation à extra-rupture.

Un autre type de transformateur connu est illustré sur la figure 3. Pour éliminer l'inconvénient ci-dessus, on voit maintenant que sur le noyau magnétique CM sont bobinés ensemble tous les enroulements primaires. Après interposition d'un isolant, on bobine tous les enroulements secondaires, côté à côté.

L'inconvénient rencontré avec un tel transformateur est que tous les enroulements secondaires qui sont côté à côté doivent en outre être espacés pour des raisons d'isolation, ce qui rend le transformateur très long.

Par ailleurs, pour les deux types de bobinage de transformateurs illustrés sur les figures 2 et 3, le nombre des fils de bobinage, qui sont par essence fins et fragiles, est important. La fiabilité du transformateur ainsi obtenu est donc relativement faible, remarque étant faite aussi que sa réalisation industrielle est délicate et par conséquent son coût élevé.

La figure 4 illustre un premier mode de réalisation d'un transformateur selon l'invention. Le circuit magnétique est ici constitué d'un noyau CM sur lequel on bobine le ou les enroulements primaires avec interposition d'un isolant (non représenté). Par contre, les enroulements secondaires sont réalisés sur des plaques de circuit imprimé qui s'étendent perpendiculairement au noyau du circuit magnétique CM et sont séparés des enroulements primaires par un manchon isolant IPS, par exemple cylindrique. On distingue ainsi les enroulements secondaires S1, S2, S3, dans les intervalles entre des plaques isolantes I1, I2, I3, I4, également perpendiculaires à la direction générale du noyau magnétique CM.

La réalisation des enroulements secondaires en circuit imprimé assure une identité absolue de

formes et de géométrie pour tous les secondaires. De plus, chaque enroulement secondaire est positionné de manière identique par rapport au circuit magnétique, aux enroulements primaires, et aux autres enroulements secondaires. Cette conception garantit des tensions induites identiques aux bornes de chacun des enroulements secondaires. Enfin, les fils de sortie des enroulements secondaires ne sont pas des fils de bobinage, mais des fils souples soudés sur le circuit imprimé. La fiabilité du transformateur s'en trouve améliorée d'une manière significative.

Sur le plan électrique, les capacités parasites entre les secondaires sont identiques, et de plus reproductibles d'un transformateur à un autre. De plus, comme chaque enroulement secondaire est connecté à un organe de redressement, la tension entre secondaires est une tension continue constante égale à la tension unitaire redressée. L'isolant est donc soumis à une tension continue faible, ainsi qu'à une tension alternative quasi-nulle, ce qui augmente la durée de vie du transformateur.

Par ailleurs, dans un transformateur classique, la distance entre deux spires est égale à deux fois l'épaisseur de l'email isolant du fil. Un transformateur haute fréquence possède peu de spires, et la tension entre deux spires jointives est donc élevée. Il en résulte qu'un courant parasite haute fréquence se produit, et induit des pertes dues au travail des isolants en haute fréquence. Il s'est avéré que la réalisation des enroulements secondaires en circuit imprimé atténue fortement cet effet, car la distance entre les spires est augmentée, et les surfaces en regard sont très faibles du fait de la faible épaisseur de la gravure, l'essentiel de la section droite conductrice étant fournie dans la direction perpendiculaire à cette épaisseur.

Par ailleurs, le positionnement perpendiculaire des enroulements primaires d'une part, des enroulements secondaires d'autre part permet de diminuer la capacité parasite entre le ou les primaires et les secondaires. La fréquence de fonctionnement de l'alimentation haute fréquence haute tension ou convertisseur peut donc être rendu plus élevée, ce qui améliore les performances.

Enfin, les courants parasites induits dans les spires par le flux magnétique de fuite du circuit magnétique sont fortement diminués du fait de la distance entre le noyau magnétique et les spires, et de la faible épaisseur des pistes imprimées qui sont là encore perpendiculaires aux flux de fuite dans leur dimension la plus grande en section droite.

Un autre mode de réalisation de l'invention est visible sur la figure 5. Dans ce cas, on retrouve les isolants I1, I2, I3, I4, I5, mais ils séparent des enroulements primaires P1 et P2, alternant avec des enroulements secondaires S1 et S2.

Eventuellement, un manchon IEM isole le circuit magnétique des enroulements, et surtout permet le maintien de ceux-ci lors du coulage d'une résine d'enrobage.

Ce mode de réalisation un peu différent possède la plupart des avantages exposés ci-dessus, hormis celui qui résulte de la perpendicularité de l'enroulement primaire et des enroulements secondaires.

Un mode de réalisation préférentiel de l'invention sera maintenant décrit en référence aux figures 6 à 8.

La figure 6 illustre une plaque de circuit imprimé élémentaire PC1, sur laquelle on distingue deux enroulements spiraux S11 et S12. Le fil externe de l'enroulement spiral S11 est relié à une borne B14, tandis que son fil interne passe de l'autre côté du circuit imprimé, pour rejoindre une traversée RS11 qui rejoint la borne B15.

Le montage est le même de l'autre côté, mais symétriquement par rapport à l'axe vertical de la plaque de circuit imprimé PC1, entre les bornes B17 et B16.

On remarque encore que, abstraction faite de leur caractère spiral, les bobinages S11 et S12 sont sensiblement concentriques des cercles C1 et C2 qui vont être percés par la suite, pour permettre le passage des deux parties du noyau magnétique que l'on voit en CM31 et CM32 sur la figure 8, y compris les enroulements primaires P1 et P2 qu'ils portent respectivement.

Des barres, par exemple en alliage d'aluminium, sont réalisées, pour définir l'encombrement externe de noyaux CM31 et CM32, équipés de leurs enroulements primaires respectifs.

Une série de plaques de circuit imprimé PC1 à PCn sont enfilées sur ces barres, avec leurs bornes B14, B15, B16, B17 vers le haut. Les connexions voulues entre les bornes B14, B15, B16, B17 sont réalisées, par des fils de sortie FS, que l'on voit apparaître sur la figure 7.

Une fois que ces fils ont été mis en place, l'ensemble est noyé pour former un bloc de résine 30. On remarque également en 28 et 29 des cylindres de matière synthétique qui entourent les barres destinées à permettre le moulage (non représentées).

Ces cylindres peuvent être mis en place avant les plaques de circuit imprimé.

Après cette opération, l'ensemble des circuits secondaires est obtenu, moulé en un seul bloc, ce qui lui confère des caractéristiques extrêmement stables en même temps qu'une grande fiabilité, comme déjà développé en détail plus haut.

Il suffit alors de faire passer les noyaux CM31 et CM32 équipés des enroulements primaires P1 et P2 dans les orifices internes des cylindres 28 et 29. Les pièces polaires d'extrémités CM34 et CM35 sont alors mises en place pour fermer le circuit magnétique. Le transformateur est maintenant terminé.

Avec un tel transformateur, on peut réaliser une alimentation à extra-rupture fonctionnant à des fréquences de l'ordre de 200 kHz ou plus, pour des hautes tensions de plusieurs dizaines de kilovolts.

Dans un mode de réalisation particulier, les deux enroulements d'une même plaque sont mis en série avant redressement, ce qui fournit en tout 2n spires (par exemple 20), sous un encombrement limité. Les deux primaires contiennent sensiblement le même nombre de spires, par exemple 16 chacun.

Il est également possible de redresser la sortie de chaque enroulement secondaire, comme suggéré par le rapprochement des figures 1 et 6. Le nombre de spires des deux primaires est choisi en consé-

quence.

Enfin, une variante de l'invention, intéressante si la tension n'est pas trop élevée, consisterait à réaliser les secondaires, éventuellement les primaires, par gravure de circuits sur substrats céramique, c'est-à-dire en technologie dite hybride.

## 10 Revendications

1. Transformateur haute fréquence, du type comprenant un circuit magnétique (CM), au moins un enroulement primaire (P), et des enroulements secondaires (S), certains au moins de ces enroulements étant constitués de conducteurs plats plaqués sur un substrat isolant, caractérisé en ce que le circuit magnétique (CM) est de forme générale rectangulaire, et en ce que les enroulements secondaires (S) sont gravés sur des substrats isolants plans (PC) traversés perpendiculairement par le ou les noyaux du circuit magnétique.
2. Transformateur selon la revendication 1, caractérisé en ce que les substrats isolants plans sont séparés par des plaques isolantes (I).
3. Transformateur selon l'une des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que chaque substrat (PC) porte deux enroulements (S11-S12) respectivement concentriques de la zone de passage (C1, C2) des noyaux parallèles du circuit magnétique.
4. Transformateur selon la revendication 3, caractérisé en ce que chaque enroulement (S11, S12) comprend plusieurs spires, le retour (RS) étant assuré sur l'autre face du substrat isolant plan
5. Transformateur selon l'une des revendications 3 et 4, caractérisé en ce que les deux enroulements secondaires d'un même substrat sont mis en série avant redressement.
6. Transformateur selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que les enroulements secondaires sont réunis en un bloc (30) de résine moulée sur des barres dont la section correspond à l'encombrement des noyaux parallèles du circuit magnétique, équipés du ou des enroulements primaires.
7. Transformateur selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que les enroulements primaires (P) sont également gravés sur des substrats isolants plans, traversés perpendiculairement par le ou les noyaux du circuit magnétique.
8. Transformateur selon la revendication 7, caractérisé en ce que les enroulements primaires (P) alternent avec les enroulements secondaires (S).
9. Transformateur selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les substrats isolants gravés sont du type circuit imprimé.
10. Transformateur selon l'une des revendica-

tions 1 à 8, caractérisé en ce que les substrats isolants gravés sont du type circuit hybride.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

0267822

FIG. 1

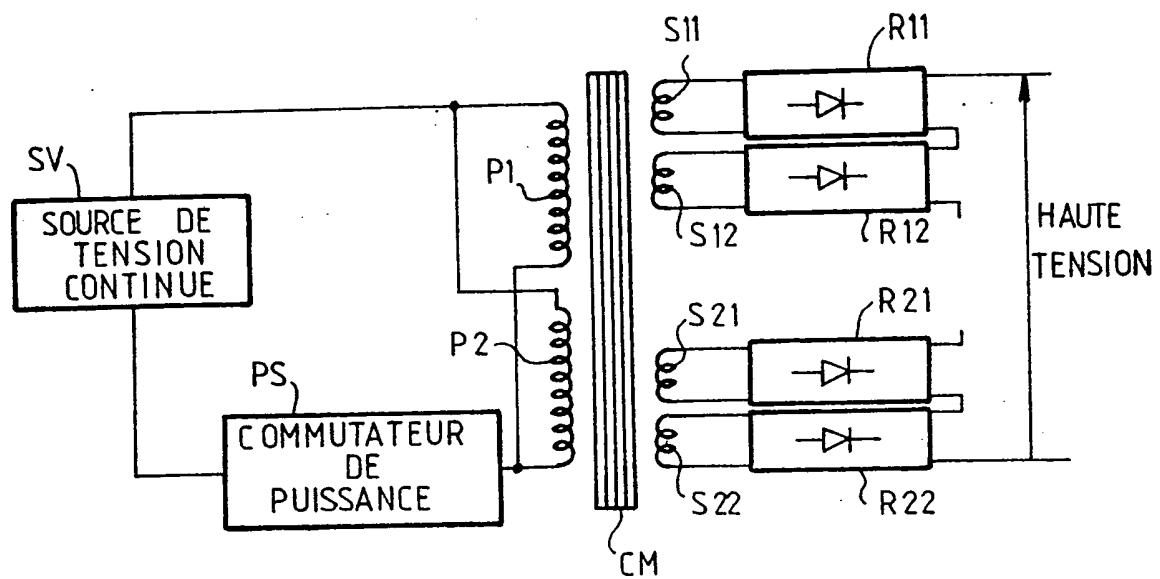
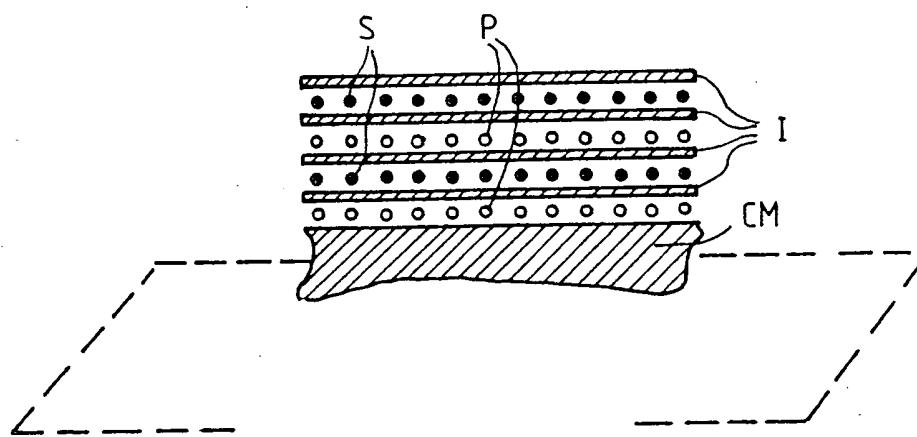
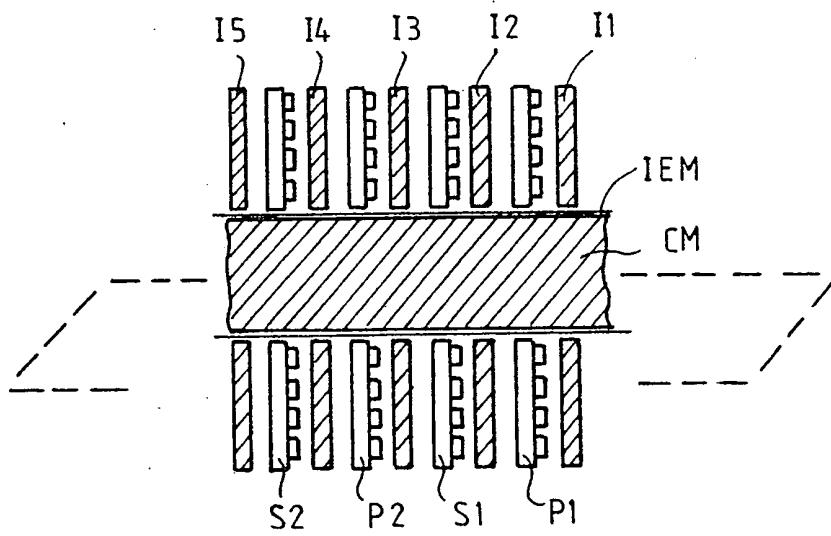
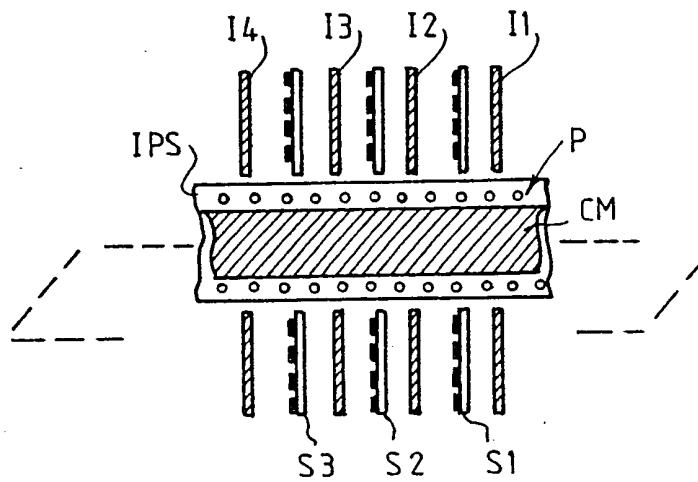
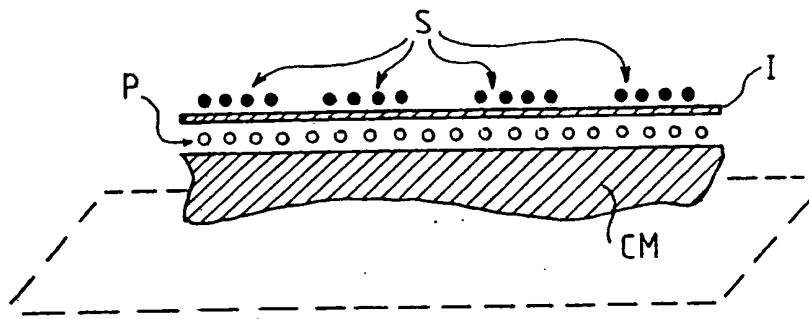


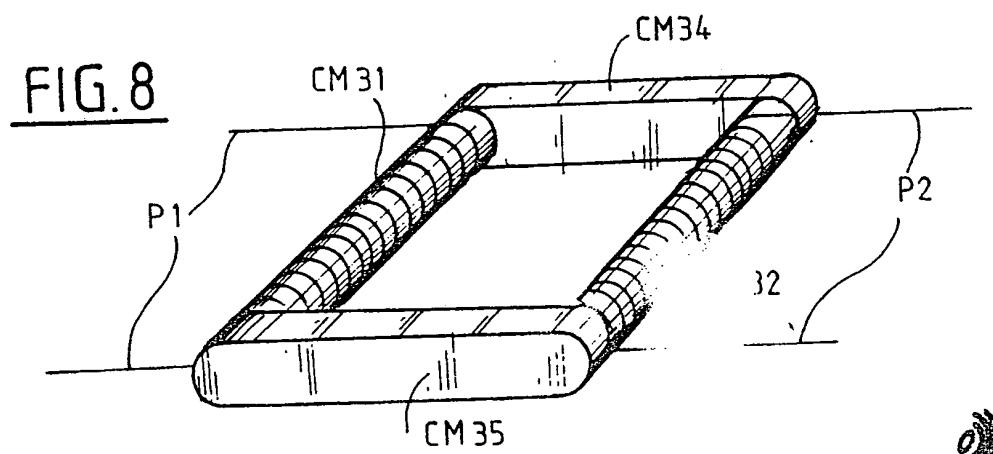
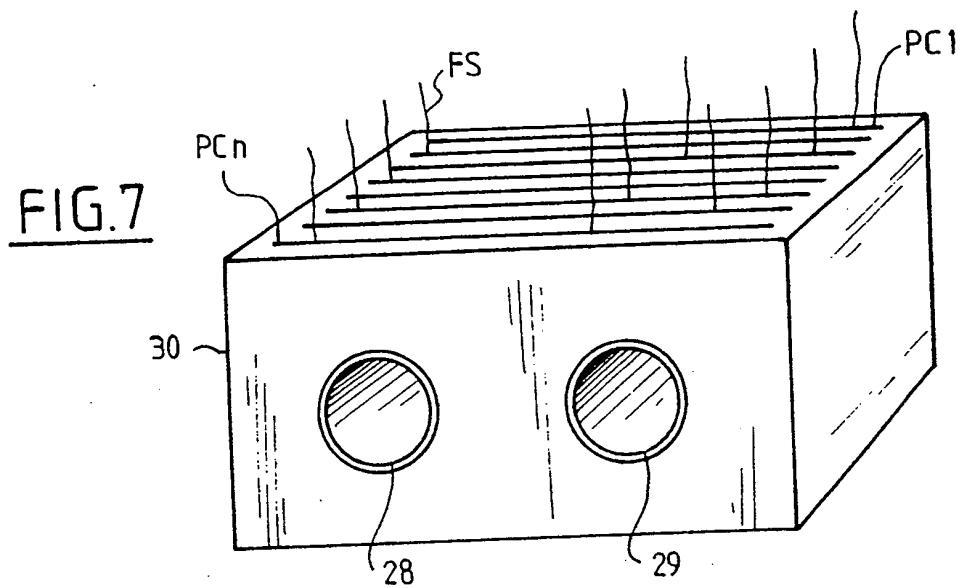
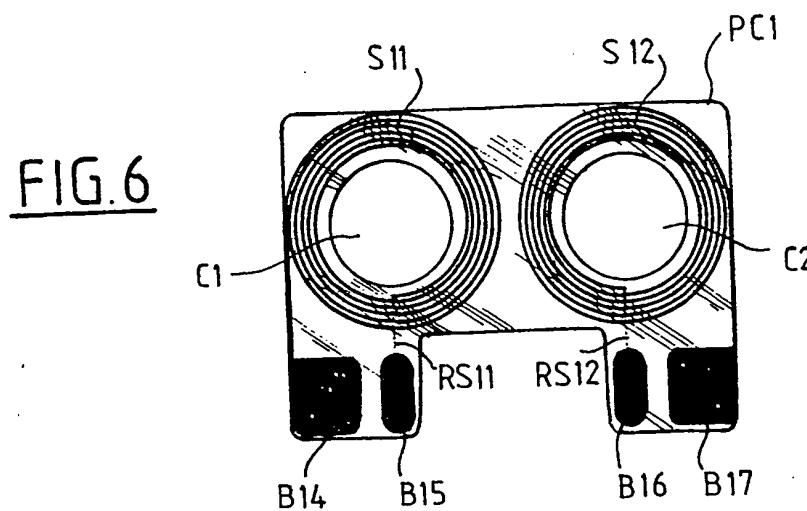
FIG. 2



0267822



0267822





Office européen  
des brevets

# RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 87 40 2266

| DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS   |   |                         |                                      |
|---|---|-------------------------|--------------------------------------|
| Catégorie   | Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes   | Revendication concernée | CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4) |
| X   | FR-A-2 476 898 (GADREAU)<br>* Page 14, ligne 25 - page 17, ligne 3;<br>figures 11A-11D; page 4, lignes 23-28 *  | 1,2,7-<br>10            | H 01 F 27/28<br>H 01 F 17/00         |
| A   | ---   | 4,5                     |                                      |
| A   | ELECTRONICS INTERNATIONAL, vol. 54, no.<br>17, août 1981, pages 113-117, New York,<br>US; D. BOKIL et al.: "Thick-film<br>transformer advances hybrid isolation<br>amplifier"<br>* Page 114, colonne de droite, ligne 5<br>- page 115, ligne 22 * | 1                       |                                      |
| A   | PATENT ABSTRACTS OF JAPAN, vol. 9, no.<br>110 (E-314)[1833], 15 mai 1985; &<br>JP-A-60 718 (MITSUBISHI DENKI K.K.)<br>05-01-1985<br>* Résumé *  | 1,4                     |                                      |
| A   | FR-A-2 038 310 (THE MARCONI CIE)<br>---   |                         |                                      |
| A   | US-A-4 201 965 (RCA CORP.)<br>-----   |                         |                                      |
| DOMAÎNES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)  |   |                         |                                      |
| H 01 F  |   |                         |                                      |
| Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications                            |   |                         |                                      |
| Lieu de la recherche  | Date d'achèvement de la recherche   | Examinateur             |                                      |
| LA HAYE   | 21-01-1988  | BIJN E.A.               |                                      |
| CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES   |   |                         |                                      |
| X : particulièrement pertinent à lui seul   | T : théorie ou principe à la base de l'invention  |                         |                                      |
| Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie | E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date  |                         |                                      |
| A : arrière-plan technologique  | D : cité dans la demande  |                         |                                      |
| O : divulgation non-écrite  | L : cité pour d'autres raisons  |                         |                                      |
| P : document intercalaire   | & : membre de la même famille, document correspondant   |                         |                                      |